

退款保证下线上零售商定价与 O2O 渠道策略

金 亮

(南昌大学经济管理学院, 江西 南昌 330031)

摘要:从渠道选择和消费者行为角度, 研究消费者退货情形下线上零售商最优定价决策与线下体验渠道选择问题, 建立了单渠道策略与 O2O 渠道策略下的供应链博弈模型, 通过比较两种渠道策略下的消费者剩余、供应链成员最优定价决策及其利润来考察 O2O 渠道策略的影响。结果表明, 当消费者退货成本较低时, 退款保证会使线上零售商提高产品销售价格, 消费者需要为退款保证服务支付一定的溢价; 线上零售商实施 O2O 渠道策略存在可行条件, 仅当产品符合消费者需求概率较大时, 才能有效提升制造商利润水平和消费者剩余; 在 O2O 渠道策略下, 产品需求总是增加, 但却不一定对供应链系统有利。

关键词: O2O 渠道; 退款保证; 线下体验店; 消费者剩余

中图分类号: C93

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2019)02-0226-12

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2019.02.007

Optimal pricing and offline to online channel strategies under money-back guarantees

Jin Liang

(School of Economics and Management, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: This paper analyzes the optimal pricing and offline to online channel strategies in the presence of customer returns, from the perspective of channel choice and consumer purchase behavior. The online retailer offers a money-back guarantee, which allows customers to return products that do not meet their expectations to the retailer for a full refund. Two benchmark models in single-channel and in O2O channel scenarios are established, respectively. Moreover, the impacts of O2O channel on supply chain equilibria, profits and consumer surplus are analyzed. The results show that, the money-back guarantees strategy the online retailers provide can effectively increase the price when the return cost of consumers is relatively low. In addition, the online retailer may have an incentive to add the offline showroom under certain conditions. As the same time, the O2O channel strategies can effectively enhance the manufacture's profit and the consumer surplus when there is greater probability that the products can match the consumer's demand. The O2O channel strategies can always increase demand, but not necessarily increase the supply chain's profit.

Key words: offline to online channel; money-back guarantees; offline showroom; consumer surplus

1 引言

近年来, 随着互联网(移动互联网)的快速普及, 越来越多的消费者选择线上渠道购买产品, 如天

收稿日期: 2017-12-07; 修订日期: 2018-11-19.

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(19YJC630067; 19YJC630229); 江西省高校人文社会科学重点研究基地项目(JD18014; ZKJ20180091).

猫(TMALL.COM)、京东(JD.COM)等^[1]。但由于线上渠道购物仅能通过文字、图片和视频等间接方式来了解产品,使得消费者可能购买到不满意的产品或不符合其需求的产品而发生退货,电商平均退货率^[2]达22%。因而,越来越多的线上零售商开始开辟线下体验店,通过“线下体验,线上购买”O2O(offline to online)模式来改善消费者购物体验、降低产品退货率。例如,美妆电商聚美优品、眼镜电商 Warby Parker、男性服装电商 Bonobos 等均开设线下体验店来展示产品,以供消费者体验。然而,线下体验店虽然能在一定程度上缓解消费者对产品的不确定性,降低产品退货率^[3],但线下体验渠道的引入也改变了消费者的消费需求和习惯,使得线上零售商决策过程变得更复杂。并且,不一样的供应链渠道结构和运作流程,也有可能引起供应链成员企业决策激励失调。面对这些问题,本文基于线上零售商及其上游制造商的博弈关系分析,旨在研究线上零售商是否应该开辟O2O渠道及其可能存在的可行条件?O2O渠道的引入对消费者购买行为会产生何种影响以及是否能够降低产品退货率?O2O渠道策略能否提升供应链上下游企业的利润水平及消费者剩余等一系列问题。

O2O概念自从2010年被首次提出以后^[4],其模式在实践中不断创新发展。其中,针对已有有关线上到线下O2O(online to offline)渠道策略方面的研究,大多从消费者行为来研究O2O渠道对供应链成员绩效的影响。Gallino等^[5]考虑全渠道零售商通过线上渠道和线下渠道将产品销往市场,研究发现了“线上购买,线下取货”O2O渠道策略所产生的消费者渠道迁移效应和零售商交叉销售效应;而Gao等^[6]同样针对“线上购买,线下取货”O2O渠道策略问题,论证了消费者的渠道迁移行为,但交叉销售效应却并不一定能增加零售商的利润;Cao等^[7]研究了全渠道零售商线上到线下O2O渠道策略对产品需求、零售商最优定价策略及其利润的影响。上述文献均基于消费者视角,研究了线上到线下O2O渠道策略的影响。此外,还有部分学者从其他视角来研究线上到线下O2O相关问题,如吴晓志等^[8]研究了O2O供应链中的价格补贴以及协调问题;Zhao等^[9]从库存风险视角,分别构建了集中式决策和分散式决策下的O2O供应链博弈模型,研究了线下到线上O2O渠道策略对横向库存转运的影响;Chen等^[10]和范丹丹等^[11]研究了供应链中的O2O服务决策问题。如前所述,作为O2O的一种重要形式,线下到线上O2O也受到学者们的关注。Bell等^[12]针对眼镜电商 Warby Parker 和男士服装电商 Bonobos,采用案例分析方法研究了“线下体验,线上购买”O2O渠道的影响,认为线下到线上O2O渠道策略能够有效增加产品需求和降低产品退货率;Chopra^[13]同样通过对 Bonobos 进行案例剖析,从渠道运营成本视角分析了线下到线上O2O渠道的引入对线上、线下渠道运营成本的影响;Gao等^[14]考察了线下体验店对消费者行为和全渠道零售商利润的影响,并与线上虚拟展厅和线下库存信息披露策略进行了比较,发现了开辟线下体验店会加剧线下渠道的库存风险;Dzyabura等^[15]和Gu等^[16]均针对消费者的“线下体验,线上购买”行为,研究了企业在线下渠道的产品品类选择问题,分析了线下实体店作为体验渠道的价值;金亮等^[17]研究了线下到线上O2O模式下的佣金契约设计问题。上述关于线上到线下O2O或线下到线上O2O的文献均研究的是单一企业最优决策问题,且大多研究O2O渠道的影响而未考察企业引入O2O渠道的可行条件。并且,在有关“线下体验,线上购买”O2O模式的研究中,大部分学者关注消费者“线下体验,线上购买”行为的影响,多为描述性研究或实证研究。不同的是,本文综合考虑消费者对产品是否符合其需求的不确定性以及可能发生的退货行为,通过构建制造商与线上零售商之间的博弈模型,从供应链视角研究“线下体验,线上购买”O2O渠道策略问题,并进一步扩展至消费者剩余视角。

在退款保证方面,企业提供退款保证是否对其有利以及退款保证下的消费者行为分析是大多数研究关注的问题^[18-20]。例如,Hsiao等^[21]认为企业选择退款保证策略存在可行条件,仅当消费者对产品的支付意愿较高时,退款保证才能为企业带来更多利润;黄宗盛等^[22]针对寡头垄断市场,考虑同一种产品通过两个竞争性零售商进行销售,研究了企业是否应该选择退款保证策略,进而考察了退款保证策略对供应链均衡影响,结果发现当二者同时选择退款保证策略时,低质企业能够获得更多利润;黄宗盛等^[23]和Chen等^[24]同样针对寡头垄断市场,考虑两个零售商分别在线上渠道和线下渠道销售同一种产品,研究了线上、线下渠道的竞争性退款保证策略选择问题,并考察了退款保证策略对线上、线下渠道最优定价策略的影响;在此基础上,Chen^[25]综合考虑价格与服务竞争问题,研究了退款保证策略对企业最优定价和服务努力水平决策的影响。

上述关于退款保证的文献较多的研究了线下渠道的退款保证策略选择及其影响问题, 仅文献[23–24] 考虑了线上渠道的退款保证策略, 但其研究的是寡头竞争情形. 不同的是, 本文研究 O2O 背景下的退款保证问题及其对线上渠道中的消费者购买行为、各个成员企业定价策略的影响.

鉴于此, 本文针对由制造商和线上零售商构成的供应链系统, 考虑消费者关于产品是否符合其需求不确定, 同时线上零售商向消费者提供退款保证服务, 分别构建单渠道策略和 O2O 渠道策略下的供应链博弈模型, 研究线上零售商最优产品定价与 O2O 渠道策略选择问题. 通过模型求解获得两种渠道策略下供应双方的最优定价策略, 进而分析线上零售商是否应该引入 O2O 渠道, 以及 O2O 渠道策略对消费者剩余、制造商和线上零售商利润水平的影响. 与已有研究不同的是, 本文运用消费者效用理论来刻画线上渠道和线下体验渠道差异, 从供应链视角来研究线上零售商定价与 O2O 渠道选择问题, 并考察 O2O 渠道策略对消费者购买行为、供应链成员企业决策和利润的影响.

2 单渠道情形下的供应链博弈模型

2.1 问题描述

如图 1 所示, 考虑市场上有一个制造商(M) 和一个线上零售商(O). 其中, 制造商生产的一种产品由线上零售商销往市场, 产品批发价格和零售价格分别为 p 和 w . 同时, 线上零售商还开设了线下体验店来展示其线上销售的产品, 供消费者体验. 因此, 消费者存在两种购买方式: 1) 不体验产品直接在线上渠道进行购买; 2) 先体验产品后再决策是否购买.

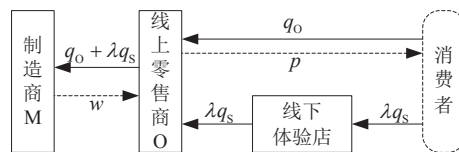


图 1 供应链结构图

Fig. 1 Supply chain system

假设市场潜在需求为 1, 每个消费者至多购买一单位的产品^[26,27]. 消费者在收到产品或在体验店体验产品前, 不确定产品是否符合其需求^[6,28], 类似于文献[14], 产品符合消费者需求或消费者对产品满意的概率为 λ ($0 < \lambda < 1$). 消费者对符合其需求产品的支付意愿为 v , 而不同消费者对同一产品往往具有不同的支付意愿(即消费者异质性), 因而 v 服从区间 $[0, 1]$ 上的均匀分布($v \sim U[0, 1]$). 消费者对产品不符合其需求时的支付意愿为零, $v = 0$.

当消费者直接在线上渠道购买产品时, 若产品符合消费者需求, 则消费者能够获得效用 $v - p$ ^[28,29]; 若产品不符合消费者需求, 则消费者选择将产品退回线上零售商, 并在退款保证下获得全额退款^[14,30], 但此时会给消费者带来退货成本 t ^[24]. 由此, 可以得到消费者购买产品的预期净效用为

$$E[u_O] = \lambda(v - p) + (1 - \lambda)(p - p) - (1 - \lambda)t = \lambda(v - p) - (1 - \lambda)t. \quad (1)$$

当消费者先体验再决策是否购买产品时, 会发生额外的麻烦成本 h (如参观体验店的时间成本、交通成本等). 但不同消费者由于地理位置差异而导致交通成本、时间成本也存在差异, 故假设 h 服从区间 $[0, 1]$ 上的均匀分布^[8]. 通过产品体验, 若对产品不满意, 则消费者会放弃购买. 由此, 可以得到消费者体验产品的预期净效用为

$$E[u_S] = \lambda(v - p - h) - (1 - \lambda)h = \lambda(v - p) - h. \quad (2)$$

假设制造商的产品生产成本为零. 当消费者对产品不满意时, 线上零售商接收消费者退货的产品会产生退货损失 r_O , 如产品运输成本、再次库存成本; 而对于制造商而言, 并不是所有退货产品都需要退回制造商进行再次加工或处理, 仅部分存在缺陷的产品可能需要退回制造商, 因而这部分需要退回制造商的产品,

会发生再次包装、再次加工等成本, 故假设比例为 η ($0 < \eta < 1$) 的退货产品需要退回制造商, 且每单位退货产品给制造商带来的退货损失为 r_M .

2.2 单渠道情形下的模型

为建立 O2O 渠道策略下的比较基准, 本节将先分析单渠道情形, 即线上零售商仅通过线上渠道销售产品. 此时, 仅当 $E[u_O]$ 非负, 即 $E[u_O] \geq 0$ 时, 消费者才会购买产品. 单渠道情形下的产品需求为

$$q^B = 1 - \frac{p + (1 - \lambda)t}{\lambda}. \quad (3)$$

在单渠道情形下, 制造商和线上零售商的利润函数为各自产品销售收益减去各自的退货损失. 供应链交易过程为: 制造商预期线上零售商的定价反应 $p^{B*}(w)$, 先决策最优产品批发价格 w^{B*} ; 然后, 根据 w^{B*} , 线上零售商确定最优产品零售价格. 得到单渠道情形下的优化问题为

$$\text{Max}_{w \geq 0} \pi_M^B = w \lambda q^B(p^{B*}) - \eta r_M (1 - \lambda) q^B(p^{B*}), \quad (4)$$

其中

$$\begin{cases} p^{B*}(w) = \arg \max_{p \geq w} ((p - w) \lambda q^B(p) - r_O (1 - \lambda) q^B(p)), \\ \text{s.t. } q^B(p) \geq 0. \end{cases} \quad (5)$$

采用逆向递推法求解上述优化问题(4), 有如下结论.

定理 1 在单渠道情形下, 供应双方的最优定价策略分别为

$$w^{B*} = (\lambda^2 + (1 - \lambda)(\eta r_M - r_O - \lambda t)) / (2\lambda),$$

$$p^{B*} = (3\lambda^2 + (1 - \lambda)(\eta r_M + r_O - 3\lambda t)) / (4\lambda).$$

证明 根据逆向递推法, 由式(5)求解线上零售商的最优定价反应 $p^{B*}(w)$. 容易知道, π_O^B 为关于 p 的凹函数, 故依据最优性一阶条件可求得 $p^{B*}(w) = (\lambda w + (1 - \lambda)r_O - (1 - \lambda)\lambda t) / (2\lambda)$.

将 $p^{B*}(w)$ 代入到式(4), 易知 π_M^B 为关于 w 的凹函数, 故依据最优性一阶条件得到 w^{B*} . 将 w^{B*} 代入 $p^{B*}(w)$, 得到 p^{B*} . 证毕.

定理 1 给出了基准模型下的制造商最优批发价格决策和线上零售商的最优零售价格决策. 容易知道, 线上零售商和制造商的最优决策均会受到消费者退货成本和供应双方退货损失的影响. 并且, 当线上零售商的退货损失较大时, 线上零售商和制造商都会调整各自的定价策略, 其中前者会提高价格, 后者会降低价格. 该命题表明, 当消费者退货对线上零售商造成的损失较大时, 线上零售商将实施高价策略, 以阻止部分可能退货的消费者购买产品, 规避退货损失风险. 与此同时, 为了抑制线上零售商在线上渠道设置高价销售产品, 制造商将会策略性调整批发价格, 即降低批发价格来缓解高价对产品需求带来的负面影响. 最后, 将 p^{B*} 代入式(3)即可得到单渠道情形下的产品需求为 q^{B*} ; 将 p^{B*} 和 w^{B*} 分别代入式(4)和式(5), 得到制造商和线上零售商的利润函数分别为 π_M^{B*} 和 π_O^{B*} .

消费者对产品满意或产品符合其需求可以获得 $v - p$, 故消费者剩余为 $\int_{\frac{p+(1-\lambda)t}{\lambda}}^1 (x - pt) dF(x)$, 其中 $F(x)$ 为消费者支付意愿 v 的累积分布函数; 当产品不符合消费者需求时, 由于线上零售商提供了退款保证服务, 即消费者可以获得全额退款, 仅损失退货成本 t , 故消费者剩余为 $\int_{\frac{p+(1-\lambda)t}{\lambda}}^1 (-t) dF(x)$. 并且, 产品符合(不符合)消费者需求的概率为 $\lambda(1 - \lambda)$, 故单渠道情形下的消费者剩余 CS^B 为

$$\begin{aligned} CS^B &= \underbrace{\lambda \int_{\frac{p+(1-\lambda)t}{\lambda}}^1 (x - p) dF(x)}_{\text{产品符合消费者需求时的消费者剩余}} + \underbrace{(1 - \lambda) \int_{\frac{p+(1-\lambda)t}{\lambda}}^1 (-t) dF(x)}_{\text{产品不符合消费者需求时的消费者剩余}} \\ &= \frac{(2\lambda p - p - \lambda + (1 - \lambda)t)(p - \lambda + (1 - \lambda)t)}{2\lambda}. \end{aligned} \quad (6)$$

根据式(6), 消费者剩余会受到产品零售价格的影响, 此外还会受到产品退货的影响, 即会受到消费者退货的概率以及退货成本等因素的影响. 根据定理 1, 将 p^{B*} 分别代入式(6), 即可得到单渠道情形下的消费者剩余 CS^{B*} . 此外, 还可以知道, 在单渠道情形下, 供应链成员企业的最优定价决策和利润以及消费者剩余均会受到消费者退货行为的影响, 因而本文将进一步分析退款保证策略的影响.

在单渠道情形下, 若线上零售商不向消费者提供退款保证服务, 则产品不符合消费者需求时不能选择退货, 消费者预期净效用为 $E[\bar{u}_O] = \lambda v - p$. 根据 $E[\bar{u}_O] \geq 0$, 可以求得产品需求函数为 $\bar{q} = 1 - p/\lambda$; 制造商的利润函数为 $\bar{\pi}_M = w\bar{q}$; 线上零售商的利润函数为 $\bar{\pi}_O = (p - w)\bar{q}$. 由此, 可以得到线上零售商未实施退款保证情形下的供应链最优定价决策为 $\bar{p}^* = 3\lambda/4$, $\bar{w}^* = \lambda/2$; 制造商和线上零售商获得的利润分别为 $\bar{\pi}_M^* = \lambda/8$, $\bar{\pi}_O^* = \lambda/16$; 消费者剩余为 $\bar{CS}^* = \lambda \int_{\bar{p}^*}^1 (x - \bar{p}^*) dF(x) + (1 - \lambda) \int_{\bar{p}^*}^1 (-\bar{p}^*) dF(x) = \lambda/32$, 进而与基准比较, 有下列结论.

命题 1 退款保证策略对制造商和线上零售商的最优定价策略存在如下影响:

1) 当 $t < \lambda - r_O + \eta r_M$ 时, $w^{B*} > \bar{w}^*$; 2) 当 $t < \lambda + \frac{1}{3}(r_O + \eta r_M)$ 时, $p^{B*} > \bar{p}^*$.

证明 依据引理 1 和命题 1, 比较不同退款保证情形下的供应链最优定价决策, 可得

$$w^{G*} - w^{N*} = (1 - \lambda)(\lambda - t + \eta r_M - r_O)/(2\lambda), \quad p^{G*} - p^{N*} = (1 - \lambda)(3\lambda - 3t + \eta r_M + r_O)/(4\lambda).$$

易得, 当 $t < \lambda + \frac{1}{3}(r_O + \eta r_M)$ 时, $p^{G*} - p^{N*} > 0$; 当 $t < \lambda - r_O + \eta r_M$ 时, $w^{G*} - w^{N*} > 0$. 证毕.

命题 1 表明, 制造商提高其批发价格并不一定会导致产品零售价格的上升, 仅当线上零售商退货损失较大时, 产品零售价格才会上升. 此时, 对于购买产品前不到体验店进行实物体验的消费者, 退款保证为其提供退货机会并获得全额退款, 但消费者需要支付更高的价格. 此外, 还容易发现, 距离市场更近的线上零售商总是能够比制造商更加迅速的调整其定价策略. 从供应链退货损失角度, 当发生产品退货时, 退货的产品会给供应双方均带来损失, 因此当退货产品给线上零售商造成的退货损失较大($r_O > 3(t - \lambda) - \eta r_M$) 时, 线上零售商为阻止部分支付意愿较低的消费者购买产品, 会实施高价策略; 而当产品退货给制造商造成的损失较大($r_M > (t - \lambda + r_O)/\eta$) 时, 与线上零售商类似地, 制造商也会实施高价策略. 并且, 尽管提供退款保证有利于降低消费者线上渠道产品购买风险, 但由于将产品退回线上零售商也会给消费者带来退货成本, 因而退款保证会对产品需求不利, 容易验证 $q^{B*} < \bar{q}^*$.

命题 2 线上零售商向消费者提供退款保证服务并不能为其带来更多利润, 并会导致制造商利润水平的降低, 表现为 $\pi_O^{B*} < \bar{\pi}_O^*$, $\pi_M^{B*} < \bar{\pi}_M^*$.

证明 根据定理 1, 比较两种情形下的线上零售商和制造商的利润函数, 可得

$$\begin{aligned} \pi_O^{B*} - \bar{\pi}_O^* &= (\lambda^2 - (1 - \lambda)(\eta r_M + r_O + \lambda t))^2 / (8\lambda^2) - \lambda/8, \\ \pi_M^{B*} - \bar{\pi}_M^* &= (\lambda^2 - (1 - \lambda)(\eta r_M + r_O + \lambda t))^2 / (16\lambda^2) - (\lambda/16) \end{aligned}$$

根据 $q^{B*} > 0$ 可以得到 λ 的取值区间为 $(\bar{\lambda}, 1)$, 此时 $\pi_O^{B*} - \bar{\pi}_O^* < 0$ 和 $\pi_M^{B*} - \bar{\pi}_M^* < 0$ 恒成立. 证毕.

命题 2 表明, 退款保证策略对供应链成员企业并没有好处, 会导致线上零售商和制造商的利润损失. 这是因为退款保证会造成两方面的影响: 其一, 退款保证会影响线上零售商和制造商的定价策略, 而消费者能够在产品不符合其需求的情况下, 通过退货来降低损失; 其二, 退款保证会使产品需求降低, 并影响产品的退货数量. 综合上述两方面的影响, 线上零售商实施退款保证策略总是会导致供应双方的损失. 因此, 部分电商企业对消费者退货设置较为严苛的要件或障碍, 以阻止消费者退货, 如《中国电子商务投诉与维权公共服务平台》关于顾客天猫商家、京东等退货难问题的投诉. 为直观考察退款保证策略对供应链成员利润和消费者剩余的影响, 设置参数: $t = 0.1$, $r_O = 0.2$, $r_M = 0.4$, 并考虑到电商企业退货率大概在 11% ~ 27% 范围内, 而平均退货率则为 22% [2,20], 本文设置退货率为 0.3, 即产品符合消费者需求的概率为 $\lambda = 0.7$, 绘制供应链成员利润之差和消费者剩余之差随 η 的变化曲线, 如图 2 所示.

观察图 2 可以发现: 1) 退款保证策略总是会导致线上零售商和制造商的利润损失, 且 $\pi_O^{B*} - \bar{\pi}_O^*$ 和 $\pi_M^{B*} - \bar{\pi}_M^*$ 均会随 η 的增大而减小, 表明退货产品需退回制造商的比例会加剧退款保证策略对供应双方

的不利影响; 2) 在满足条件 $\bar{\lambda} < \lambda < 1$ 情况下, 线上零售商向消费者提供退款保证策略并不会总是能够提升消费者剩余, 根据命题 1, 由于 η 会加剧退款保证策略对供应双方最优定价决策的影响, 仅当 η 较小时, 退款保证策略才对消费者有利 ($CS^{B*} - \bar{CS}^* > 0$); 3) 曲线 $\pi_O^{B*} - \bar{\pi}_O^*$ 总是位于曲线 $\pi_M^{B*} - \bar{\pi}_M^*$ 上方, 表明退款保证策略对制造商的不利影响更明显。

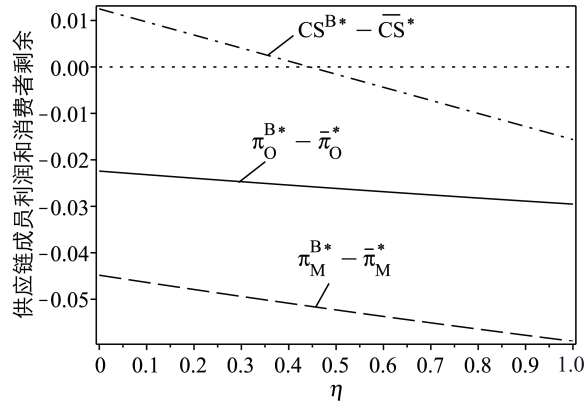


图2 供应链成员利润和消费者剩余

Fig. 2 Comparison of the profit and consumer surplus under money-back guarantees

3 O2O 渠道策略分析

下面将分析 O2O 渠道策略下供应双方的最优定价策略以及消费者剩余, 并考察 O2O 渠道策略的价值。

引理 1 在 O2O 渠道策略下, 两种购买方式下的消费者需求 q_O 与 q_S 分别为

$$q_i = \iint_{A_i} dF(x) dG(y), \quad i \in \{O, S\}, \quad (7)$$

其中 $A_O = \{(v, h) | E[u_O] \geq \max\{E[u_S], 0\}\}$ 表示支付意愿和麻烦成本满足该区域的消费者会选择直接到线上渠道购买产品, $A_S = \{(v, h) | E[u_S] \geq \max\{E[u_O], 0\}\}$ 表示支付意愿和麻烦成本满足该区域的消费者会选择到体验店体验产品; $G(y)$ 为消费者麻烦成本 h 的累积分布函数。

证明 依据式(1)和式(2), 当 $E[u_O] \geq \max\{E[u_S], 0\}$ 时, 消费者会选择直接在线上渠道购买产品, 如图 3 中的 A_O 区域; 当 $E[u_S] \geq \max\{E[u_O], 0\}$ 时, 消费者会选择参观体验店, 如图 3 中的 A_S 区域; 当 $0 > \max\{E[u_O], E[u_S]\}$ 时, 消费者放弃购买。由此, 可得

$$A_O = (1 - (1 - \lambda)t)(1 - p - (1 - \lambda)t/\lambda), \quad A_S = (1 - \lambda)t(1 - p - (1 - \lambda)t/2\lambda),$$

进而得到 q_i 。

证毕。

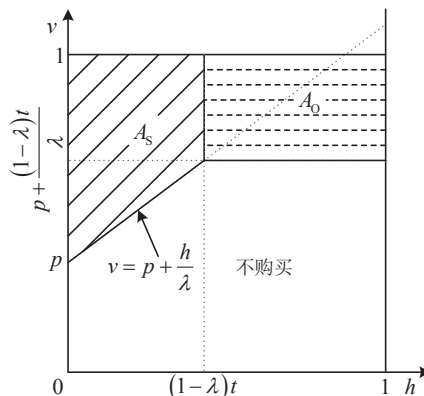


图3 消费者购买行为示意图

Fig. 3 Consumer demand

当消费者选择直接在线上渠道购买产品时,若产品不符合其需求,则会发生退货;当消费者选择参观体验店时,若产品不符合其需求,则会放弃购买.因此,仅 λ 比例的消费者才会购买产品且不会退货.特别地,直接在线上渠道购买产品的需求 q_O 中,比例为 $(1-\lambda)$ 的消费者还会因产品不符合其需求而选择退货,给线上零售商和制造商带来退货损失.依据上述分析,可以得到O2O渠道策略下的优化问题为

$$\max_{w>0} \pi_M = w(\lambda q_O(p^*) + \lambda q_S(p^*)) - \eta r_M(1-\lambda)q_O(p^*), \quad (8)$$

其中

$$\begin{cases} p^* = \arg \max_{p \geq w} ((p-w)(\lambda q_O(p) + \lambda q_S(p)) - r_O(1-\lambda)q_O(p)) \\ \text{s.t. } q_i(p) \geq 0, i \in \{O, S\}. \end{cases} \quad (9)$$

问题(8)中,制造商和线上零售商的利润函数分别为各自的产品销售收益减去各自的退货损失.采用逆向递推法求解,有下列结论.

定理2 在O2O渠道策略下,线上零售商和制造商最优定价策略分别为

$$w^* = (1-\lambda)^2 t^2 / (4\lambda) + (1 - (1-\lambda)t)((1-\lambda)(r_O - \eta r_M) + 1)t / (2\lambda),$$

$$p^* = 3(1-\lambda)^2 t^2 / (8\lambda) + (1 - (1-\lambda)t)((1-\lambda)(r_O + \eta r_M) + 3) / (4\lambda).$$

证明 采用逆向递推法,由式(9)易知 π_O 为关于 p 的凹函数($\frac{\partial^2 \pi_O}{\partial p^2} = -2\lambda < 0$),故依据最优性一阶条件可求得线上零售商的反应函数为 $p^*(w) = \frac{1+w}{2} + \frac{(1-\lambda)^2 t^2}{4\lambda} + \frac{(1-\lambda)((1-(1-\lambda)t))}{2\lambda}$.

将 $p^*(w)$ 代入式(8),易得($\frac{\partial^2 \pi_M}{\partial w^2} = -\lambda < 0$),即 π_M 为关于 w 的凹函数,故依据最优性一阶条件可得 w^* .进而将 w^* 代入到 $p^*(w)$,即可得 p^* . 证毕.

由定理2可知,O2O渠道策略下的供应链均衡与单渠道策略情形类似,当线上零售商退货损失较大时,制造商和线上零售商均会调整各自的定价策略,即制造商通过低价策略降低价格,线上零售商通过高价策略提高价格.但随着制造商退货损失的增大,制造商则会提高其批发价格,以弥补因消费者退货造成的退货损失,这也导致最优产品零售价格的升高.

将 p^* 代入式(7),可以得到O2O渠道策略下的需求为 q_O^* 和 q_S^* .依据式(8)和式(9),容易得到制造商和线上零售商的利润函数分别为 π_M^* 和 π_O^* .分析消费者剩余,可得

$$\begin{aligned} CS &= \lambda \int_{p+\frac{(1-\lambda)t}{\lambda}}^1 (x-p) dF(x) + (1-\lambda) \int_{p+\frac{(1-\lambda)t}{\lambda}}^1 (-t) dF(x) + \\ &\quad \lambda \int_0^{(1-\lambda)t} \int_{p+\frac{h}{\lambda}}^1 (x-p-y) dF(x) dG(y) + (1-\lambda) \int_0^{(1-\lambda)t} \int_{p+\frac{h}{\lambda}}^1 (-y) dF(x) dG(y) \\ &= \frac{(t+3)(1-\lambda)^3 t^2}{6\lambda} + \frac{1}{2} \left(\lambda(1-p)^2 + (1-\lambda)(\lambda t p^2 - (2-\lambda)t) + (1-\lambda)^2(t+2)tp \right). \end{aligned} \quad (10)$$

在式(10)中,当消费者不体验而直接购买产品时的消费者剩余与单渠道情形相同.当消费者选择参观体验店时,消费者对产品满意或产品符合其需求时的消费者剩余为 $\int_0^{(1-\lambda)t} \int_{p+\frac{h}{\lambda}}^1 (x-p-y) dF(x) dG(y)$;当消费者对产品不满意或产品不符合其需求时,消费者不购买产品,但仍产生了沉没成本 h ,消费者剩余为 $\int_0^{(1-\lambda)t} \int_{p+\frac{h}{\lambda}}^1 (-y) dF(x) dG(y)$.最后,将 p^* 代入式(10),即可得 CS^* .

3.1 O2O渠道策略对最优定价的影响

本节将分析O2O渠道策略对线上零售商和制造商最优定价策略的影响,进而考察体验渠道的引入对需求的影响.

命题3 线上零售商O2O渠道策略会影响供应双方的最优定价策略,且二者定价策略的变化取决于

产品退货给供应链成员和消费者造成的损失大小, 表现为

- 1) 当 $t > 2(r_O + \eta r_M)/3$ 时, $p^* > p^{B*}$;
- 2) 当 $r_M < r_O/\eta$, 或者当 $r_M > r_O/\eta$ 且 $t > 2(\eta r_M - r_O)$ 时, $w^* > w^{B*}$.

证明 根据定理 1 和定理 2, 直接比较不同渠道策略下的最优定价决策, 可得

$$p^* - p^{B*} = \frac{(1-\lambda)^2(3t - 2(r_O + \eta r_M))t}{8\lambda}, \quad w^* - w^{B*} = \frac{(1-\lambda)^2(t + 2(r_O - \eta r_M))t}{4\lambda}.$$

判断 $p^* - p^{B*}$ 与 0 的大小, 易得: 当 $t > 2(r_O + \eta r_M)/3$ 时, $p^* - p^{B*} > 0$. 判断 $w^* - w^{B*}$ 与零的大小, 若 $r_M < r_O$, 则 $w^* - w^{B*} > 0$ 显然成立; 若 $r_M > r_O/\eta$, 则还需满足 $t > 2(\eta r_M - r_O)$, 才有 $w^* - w^{B*} > 0$. 证毕.

命题 3 表明, 线上零售商引入 O2O 渠道会影响供应双方的最优定价决策, 且存在一定的不确定性. 具体分析, 当消费者退货成本较高时, O2O 渠道策略下最优产品零售价格要高于单渠道策略下的值; 而对于制造商而言, 仅当制造商退货损失小于线上零售商退货损失时, 制造商会提高其批发价格, 以获取更多的供应链利润份额; 而当制造商退货损失大于线上零售商退货损失时, 若消费者退货成本较小 ($t < 2(\eta r_M - r_O)$), 则制造商会降低产品批发价格, 原因在于避免线上零售商在销售产品时的价格过高而抑制需求. 也就是说, 在 O2O 渠道策略下, 线上零售商和制造商的定价策略应考虑产品退货的影响, 即需要权衡产品退货对自身造成的退货损失与高价对消费者需求的抑制效应.

命题 4 O2O 渠道策略能够吸引部分支付意愿较小的消费者到体验店体验产品, 而这部分消费者在单渠道策略下总是不会购买产品, 从而使得产品需求增加, 表现为 $q_O^* + q_S^* > q^{B*}$.

证明 根据定理 1 和定理 2, 易得 $\Delta q = (1-\lambda)^2(t + 2(r_O + \eta r_M))t/(8\lambda) > 0$. 证毕.

命题 4 表明, 线上零售商 O2O 渠道策略能够有效提升产品需求, 吸引更多潜在消费者购买产品. 在单渠道策略下, 消费者的支付意愿较大, 即满足 $v \geq p + (1-\lambda)t/\lambda$ 时, 消费者购买产品才能获得正效用.

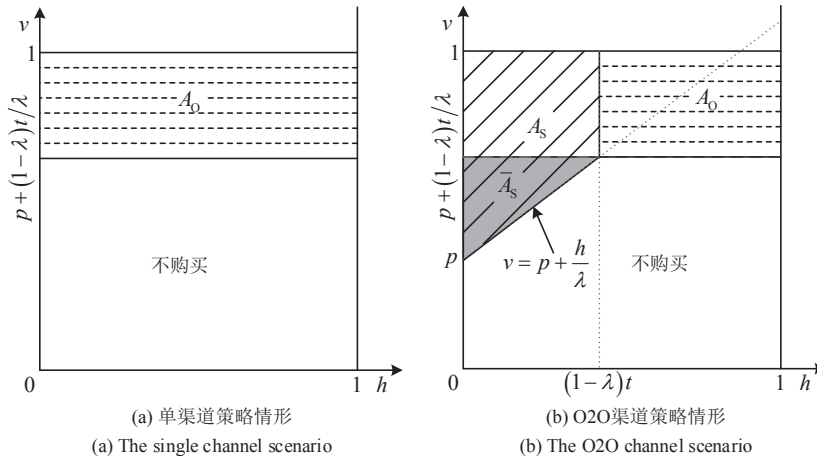


图4 消费者购买行为

Fig. 4 Consumer purchasing behaviors

如图 4(a) 所示, 在 O2O 渠道策略下, 当消费者的支付意愿较高, 即满足 $v \geq p + (1-\lambda)t/\lambda$ 时, 消费者购买产品能够消费者购买产品能够获得正效用, 但不同的是, 即使当支付意愿较低, 即 $p \leq v \leq p + (1-\lambda)t/\lambda$ 时, 也存在部分消费者会到体验店体验产品, 如图 4(b) 所示. 比较两种渠道策略情形, O2O 渠道策略下增加的产品需求可以表示为 $\bar{A}_S$ 区域. 因此, 在 O2O 渠道策略下, 有助于吸引部分对产品支付意愿较低的消费者到体验店体验产品, 产品需求增加, 且为 $\iint_{\bar{A}_S} dG(y)$. 此外, 由命题 3 可知, O2O 渠道策略会对线上零售商最优定价策略造成影响, 因而在 O2O 渠道策略下, 每销售一单位的产品, 供应链系统利润的增加量并不一定高于单渠道策略下值, 这取决于消费者退货成本、线上零售商退货损失和制造商退货损失.

3.2 O2O 渠道策略对系统利润的影响

本节将考察 O2O 渠道策略对供应链系统利润的影响. 先定义 $\pi_{SC}^{B*} = \pi_O^{B*} + \pi_M^{B*}$ 和 $\pi_{SC}^* = \pi_O^* + \pi_M^*$ 分别表示单渠道策略与 O2O 渠道策略下的供应链系统利润; $R = r_O + \eta r_M$ 表示供应链退货损失.

为简化表达, 先定义如下两个阈值

$$\bar{\lambda} = 1 - \frac{2t^2 + 2t + 4 - 2\sqrt{5t^2 + 4t + 4}}{t^3},$$

$$\bar{R} = \frac{5(1-\lambda)t^2 + t + 6}{6t(1-\lambda)} + \sqrt{\frac{(46 + 16(1-\lambda)t)t^2}{6} + \frac{36 + (61 - 96\lambda)t^2 + 12t(1-\lambda)}{6t(1-\lambda)}}.$$

命题 5 O2O 渠道策略不一定对供应链系统有利, 即若 $\bar{\lambda} \leq \lambda < 1$, 则 $\pi_{SC}^* \geq \pi_{SC}^{B*}$; 若 $\lambda < \bar{\lambda}$ 且 $R < \min(\bar{R}, 1)$, 则 $\pi_{SC}^* < \pi_{SC}^{B*}$.

证明 根据定理 1 和定理 2, 求得 $\pi_{SC}^* - \pi_{SC}^{B*} = f(R)$, 其中 $f(R) = AR^2 + BR + C$, $A = 4t(1-\lambda)^2 > 0$, $B = -\frac{4}{3}(1-\lambda)(5(1-\lambda)t^2 + t + 6) < 0$, $C(\lambda) = (1-\lambda)^2 t^3 - 4(1-\lambda)t^2 + 4t\lambda + 8\lambda$. 可知, $f(R)$ 为 R 的二次凸函数. C 是 λ 的二次函数, $\frac{dC}{d\lambda} > 0$, 当 $\lambda = 1$ 时, $C > 0$; 当 $\lambda = 0$ 时, $C < 0$, 且中轴线 $l(\lambda) < 0$, 故当 $\bar{\lambda} \leq \lambda < 1$ 时, $C \geq 0$; 当 $0 < \lambda < \bar{\lambda}$ 时, $C < 0$. 又由 $\frac{df(R)}{dR} = 2AR + B < 0$, 中轴线 $\lambda(R) = -B/(2A) < 0$ 可知, $f(R)$ 存在两个负根或一正一负两个根. 因此, 当 $C \geq 0$ 时, $f(R) \geq 0$; 当 $C < 0$ 且 $R < \min(\bar{R}, 1)$ 时, $f(R) < 0$. 证毕.

命题 5 表明, 在 O2O 渠道策略下, 供应链系统利润并不总是高于单渠道策略下的值. 具体分析, 由于 O2O 渠道策略对线上零售商最优定价决策的影响存在一定的不确定性, 在满足一定条件下线上零售商才会实施高价策略, 提高产品销售价格; 另一方面, O2O 渠道策略总是会使得产品需求增加, 并降低线上零售商的产品退货率, 但产品的绝对退货数量则不一定减少. 综合上述两方面的影响, 当产品符合消费者需求概率较大 ($\bar{\lambda} \leq \lambda < 1$) 时, O2O 渠道策略对供应链系统利润的正效应占优, 供应链系统利润增加. 当产品符合消费者需求概率较小 ($\lambda < \bar{\lambda}$) 时, O2O 渠道策略对供应链系统的影响取决于供应链退货损失 R . 具体分析, 当 $\bar{R} < 1$ 时, 若供应链退货损失满足 $R > \bar{R}$, 则 O2O 渠道策略对供应链收益的正效应仍占优; 若供应链退货损失满足 $R < \min(\bar{R}, 1)$, 则供应链退货损失对利润的负效应占优, 供应链系统利润降低. 该命题表明, 从供应链系统视角, 线上零售商 O2O 渠道策略存在可行条件.

命题 5 还揭示了, 当 O2O 渠道策略能够有效提升供应链系统利润 ($\pi_{SC}^* \geq \pi_{SC}^{B*}$) 时, 供应链退货损失会抑制 O2O 渠道策略给供应链系统带来的有利影响. 而当 O2O 渠道策略会导致供应链系统利润损失 ($\pi_{SC}^* < \pi_{SC}^{B*}$) 时, 供应链退货损失则可以缓解 O2O 渠道策略给供应链系统带来的不利影响.

3.3 供应链成员利润与消费者剩余分析

本节将考察 O2O 渠道策略对供应链成员利润和消费者剩余的影响. 为简化表达, 定义 $\Delta\pi_O = \pi_O^* - \pi_O^{B*}$ 和 $\Delta\pi_M = \pi_M^* - \pi_M^{B*}$ 分别表示 O2O 渠道策略对线上零售商利润和制造商利润的影响; $\Delta CS = CS^* - CS^{B*}$ 表示 O2O 渠道策略对消费者剩余的影响. 由于线上零售商利润函数、制造商利润函数以及消费者剩余函数较为复杂, 因此本文借助数值模拟方法来进行分析. 设置参数: $t = 0.1, r_O = 0.2, r_M = 0.4$, 取 $\lambda = (0.6, 0.75, 0.9)$ 分别刻画产品符合消费者需求的概率较低、一般和较高等三种情形. 仿真结果见图 5~图 7.

观察图 5 和图 6 可以发现: 1) 在满足 $\bar{\lambda} < \lambda < 1$, 即满足 $q^{B*} > 0$ 时, O2O 渠道策略总是能有效提升线上零售商和制造商的利润水平; 2) 随着 η 的增大, 曲线 $\Delta\pi_O$ 和曲线 $\Delta\pi_M$ 呈现下降趋势, 表明当退货产品需要退回制造商的比例较高时, O2O 渠道策略对线上零售商和制造商的影响会有所缓解; 3) 当 λ 较大时, O2O 渠道策略对线上零售商和制造商利润水平的影响较小, 表明当产品符合消费者需求概率较低或产品退货率较高时, O2O 渠道策略的价值更高; 4) 比较图 5 和图 6, 可以知道, O2O 渠道策略对制造商利润水平的影响更显著, 这意味着尽管 O2O 渠道策略是由线上零售商实施, 但反而制造商获益更多.

观察图 7 可以发现: 1) 线上零售商实施 O2O 渠道策略并不总是对消费者有利, 仅当产品符合消费者需求的概率和退货产品需要退回制造商的比例满足一定条件时, O2O 渠道策略才能提升消费者剩余; 2) 随着 η 的增大, 曲线 ΔCS 呈现上升趋势, 表明当退货产品需要退回制造商的比例较高时, O2O 渠道策略通过影响供应链成员企业的定价决策, 使得消费者剩余提升; 3) 随着 λ 的增大, 曲线 ΔCS 的变化趋势越平缓, 表明当产品符合消费者需求概率较低时, 线上零售商实施 O2O 渠道策略越对消费者有利。

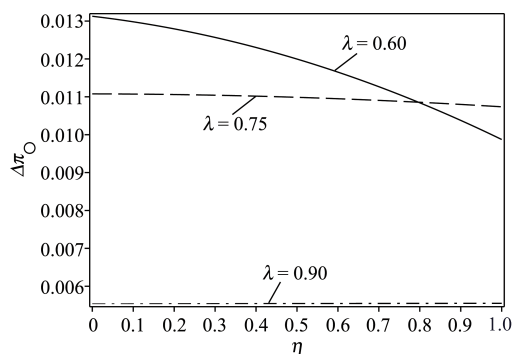


图5 线上零售商利润变化曲线

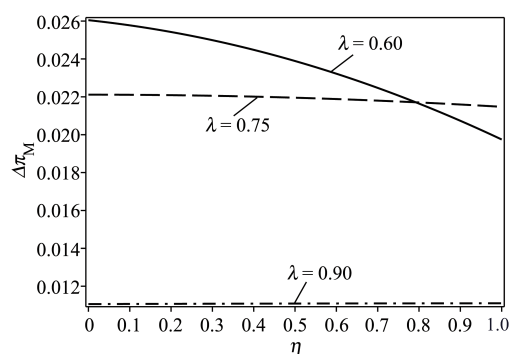
Fig. 5 Online retailer's profit changes with λ 

图6 制造商利润变化曲线

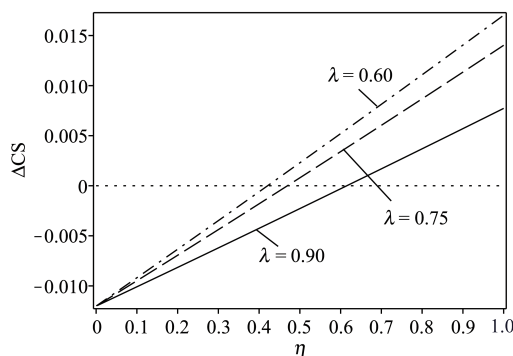
Fig. 6 Manufacturer's profit changes with λ 

图7 消费者剩余变化曲线

Fig. 7 Consumer surplus changes with λ

4 结束语

越来越多的电商企业开辟线下体验店, 通过购买前的产品体验来提高消费者购物体验, 降低产品退货率. 本文研究得到的结论为电商企业的 O2O 实践提供了决策参考, 并通过对 O2O 环境下的上游制造企业决策和消费者购买行为分析给出了管理启示. 但是, 本文在研究问题的探索上存在一定局限性. 首先, 本文考虑线下体验店仅与一个制造商进行合作, 未来可进一步研究多个制造商竞争情形, 这将有助于解决更多现实问题. 其次, 本文在考察消费者购买行为时仅考虑了退货因素, 而影响消费者购买行为的因素还有产品配送时间、产品线上评论等, 因而综合考虑更多消费者购买行为的影响因素将有助于得到新的启示. 基于此, 未来可进一步考虑更多现实因素来研究线上零售商 O2O 模式实施问题, 得到更具有实践指导意义的结论。

参考文献:

- [1] Abhishek V, Jerath K, Zhang Z. Agency selling or reselling. Channel structures in electronic retailing. *Management Science*, 2016, 62(8): 2259–2280.
- [2] Rao S, Rabinovich E, Raju D. The role of physical distribution services as determinants of product returns in Internet retailing. *Journal of Operations Management*, 2014, 32(6): 295–312.

- [3] Bell D, Gallino S, Moreno A. Showrooms and information provision in omni-channel retail. *Production and Operations Management*, 2015, 24(3): 360–362.
- [4] 金 亮, 张旭梅, 李诗杨. 不对称信息下线下到线上 O2O 供应链佣金契约设计. *管理学报*, 2017, 14(6): 908–915.
Jin L, Zhang X M, Li S Y. Commission contract design in offline to online (O2O) supply chain under asymmetric information. *Chinese Journal of Management*, 2017, 14(6): 908–915. (in Chinese)
- [5] Gallino S, Moreno A. Integration of online and offline channels in retail: The impact of sharing reliable inventory availability information. *Management Science*, 2014, 60(6): 1434–1451.
- [6] Gao F, Su X. Omnichannel retail operations with buy-online-and-pick-up-in-store. *Management Science*, 2017, 63(8): 2478–2492.
- [7] Cao J, So K C, Yin S. Impact of an online-to-store. channel on demand allocation, pricing and profitability. *European Journal of Operational Research*, 2016, 248(1): 234–245.
- [8] 吴晓志, 陈 宏, 张 俊. 考虑在线补贴的零售商水平 O2O 供应链协调. *中国管理科学*, 2014, 22(11): 479–484.
Wu X Z, Chen H, Zhang J. Coordinating a retailer's O2O supply chain under online subsidy. *Chinese Journal of Management Science*, 2014, 22(11): 479–484. (in Chinese)
- [9] Zhao F, Wu D, Liang L, et al. Lateral inventory transshipment problem in online-to-offline supply chain. *International Journal of Production Research*, 2016, 54(7): 1951–1963.
- [10] Chen X, Wang X, Jiang X. The impact of power structure on the retail service supply chain with an O2O mixed channel. *Journal of the Operational Research Society*, 2016, 67(2): 294–301.
- [11] 范丹丹, 徐 琪, 王文杰. 考虑线上线下需求迁移下的供应链 O2O 最优服务决策研究. *中国管理科学*, 2017, 25(11): 22–32.
Fan D D, Xu Q, Wang W J. Optimal service decision consideration demand shift between online and offline in supply chain O2O system. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 25(11): 22–32. (in Chinese)
- [12] Bell D R, Gallino S, Moreno A. How to win in an omnichannel world. *MIT Sloan Management Review*, 2014, 56(1): 44–53.
- [13] Chopra S. How omni-channel can be the future of retailing. *Decision*, 2016, 43(2): 135–144.
- [14] Gao F, Su X. Online and offline information for omnichannel retailing. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2017, 19(1): 84–98.
- [15] Dzyabura D, Jagabathula S. Offline assortment optimization in the presence of an online channel. *Management Science*, 2018, 64(6): 2473–2972.
- [16] Gu J Z, Tayi G K. Consumer pseudo-showrooming and omni-channel product placement strategies. *MIS Quarterly*, 2017, 41(2): 583–606.
- [17] 金 亮, 张旭梅, 但 斌, 等. 交叉销售下“线下体验+线上零售”的 O2O 供应链佣金契约设计. *中国管理科学*, 2017, 25(11): 33–46.
Jin L, Zhang X M, Dan B, et al. Commission contract design in “offline evaluation, online purchase” supply chain in the presence of cross-selling. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 25(11): 33–46. (in Chinese)
- [18] Chen J, Bell P C. The impact of customer returns on pricing and order decisions. *European Journal of Operational Research*, 2009, 195(1): 280–295.
- [19] McWilliams B. Money-back guarantees: Helping the low-quality retailer. *Management Science*, 2012, 58(8): 1521–1524.
- [20] Akçay Y, Boyacı T, Zhang D. Selling with money-back guarantees: The impact on prices, quantities, and retail profitability. *Production and Operations Management*, 2013, 22(4): 777–791.
- [21] Hsiao L, Chen Y J. Return policy: Hassle-free or your money-back guarantee. *Naval Research Logistics*, 2014, 61(5): 403–417.
- [22] 黄宗盛, 聂佳佳, 赵映雪. 基于有限理性消费者的竞争性退款保证策略. *中国管理科学*, 2016, 24(1): 116–123.
Huang Z S, Nie J J, Zhao Y X. Money-back guarantee in the presence of bound rational consumers. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 24(1): 116–123. (in Chinese)
- [23] 黄宗盛, 聂佳佳, 赵映雪. 基于消费者满意的双渠道销售商退款保证策略研究. *中国管理科学*, 2016, 24(2): 61–68.
Huang Z S, Nie J J, Zhao Y X. The choice of money-back guarantee of dual channel retailer. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 24(2): 61–68. (in Chinese)
- [24] Chen B, Chen J. When to introduce an online channel, and offer money back guarantees and personalized pricing. *European Journal of Operational Research*, 2017, 257(2): 614–624.
- [25] Chen B, Chen J. Compete in price or service: A study of personalized pricing and money back guarantee. *Journal of Retailing*, 2017, 93(2): 154–171.

- [26] Mehra A, Kumar S, Raju J S. Competitive strategies for brick-and-mortar stores to counter 'showrooming'. *Management Science*, 2018, 64(4): 2973–3468.
- [27] 刘咏梅, 周笛, 陈晓红. 考虑线下零售商服务成本差异的BOPS渠道整合. *系统工程学报*, 2018, 33(1): 90–102.
Liu Y M, Zhou D, Chen X H. Channel integration of BOPS considering off-line sales effort differences. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(1): 90–102. (in Chinese)
- [28] 陈敬贤. 顾客退货影响的零售商定价和库存博弈模型. *系统工程学报*, 2014, 29(1): 96–103.
Chen J X. A pricing and inventory game model of competitive retailers with customer returns. *Journal of Systems Engineering*, 2014, 29(1): 96–103. (in Chinese)
- [29] 陈波, 强科栋. 考虑网络外部性与客户忠诚的网络服务价控策略. *系统工程学报*, 2017, 32(5): 577–587.
Chen B, Qiang K D. Internet service pricing strategy considering network externalities and customer loyalty. *Journal of Systems Engineering*, 2017, 32(5): 577–587. (in Chinese)
- [30] 杨雷, 常娜. 考虑退货运费险情况下的供应链运作决策研究. *系统工程学报*, 2018, 33(1): 116–124.
Yang L, Chang N. Study of operation decision in supply chains considering freight back insurance. *Journal of Systems Engineering*, 2018, 33(1): 116–124. (in Chinese)

作者简介:

金亮(1989—), 男, 江西奉新人, 博士, 讲师, 研究方向: 决策科学与全渠道运营, Email: jinliang@ncu.edu.cn.

(上接第157页)

- [20] 陈晨, 俞政, 张新梅. 考虑应急活动的非常规突发事件情景刻画研究. *中国安全科学学报*, 2014, 24(10): 163–169.
Chen C, Yu Z, Zhang X M. Study on characterization of unconventional emergency scenarios considering emergency activities. *China Safety Science Journal*, 2014, 24(10): 163–169. (in Chinese)
- [21] 李磊, 王玉玫. 突发事件应急指挥系统预案的研究与应用. *计算机工程与设计*, 2009, 30(16): 3863–3867.
Li L, Wang Y M. Research and application of plan in emergency command system. *Computer Engineering and Design*, 2009, 30(16): 3863–3867. (in Chinese)
- [22] 李勇建, 乔晓娇, 孙晓晨, 等. 基于系统动力学的突发事件演化模型. *系统工程学报*, 2015, 30(3): 306–318.
Li Y J, Qiao X J, Sun X C, et al. Modeling the evolution of emergency based on system dynamics. *Journal of Systems Engineering*, 2015, 30(3): 306–318. (in Chinese)
- [23] 王宁, 黄红雨, 仲秋雁, 等. 基于知识元的应急案例检索方法. *系统工程*, 2014, 52(1): 124–132.
Wang N, Huang H Y, Zhong Q Y, et al. Emergency case retrieval method based on knowledge element. *Systems Engineering*, 2014, 52(1): 124–132. (in Chinese)

作者简介:

王宁(1973—), 男, 吉林白城人, 博士, 副教授, 研究方向: 应急管理, 信息与决策技术, Email: wn@dlut.edu.cn.

谢晓珊(1990—), 女, 安徽安庆人, 硕士生, 研究方向: 应急管理, Email: xxs9819@163.com.

刘海园(1993—), 女, 河北保定人, 硕士生, 研究方向: 应急管理, Email: 2574458428@qq.com.